



TITLE:

Chemical ecology of the (oxalato)aluminate complex as an antimicrobial substance from the “shiro” of *Tricholoma matsutake*(  
Abstract\_要旨)

AUTHOR(S):

Nishino, Katsutoshi

---

CITATION:

Nishino, Katsutoshi. Chemical ecology of the (oxalato)aluminate complex as an antimicrobial substance from the “shiro” of *Tricholoma matsutake*. 京都大学, 2017, 博士(農学)

ISSUE DATE:

2017-07-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20635>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により本文は2019-07-01に公開; Katsutoshi Nishino, Kaya Matsubara, Chihiro Tanaka, Muneyoshi Yamaguchi, Toru Fujita, Akiyoshi Yamada and Nobuhiro Hirai: Seasonal change in the content of the (oxalato)aluminate complex, the antimicrobial substance of the shiro of *Tricholoma matsutake*, and the bacterial community structure in the shiro area. (『きのこ学会誌』 vol.25 No. 1(2017)) c?2017きのこ学会

( 続紙 1 )

京都大学	博士（農学）	氏名	西野勝俊
論文題目	Chemical ecology of the (oxalato)aluminate complex as an antimicrobial substance from the “shiro” of <i>Tricholoma matsutake</i> (マツタケシロの抗菌物質・シュウ酸アルミニウム錯体の化学生態学)		
(論文内容の要旨)			
<p>マツタケ (<i>Tricholoma matsutake</i>) はアカマツを主な宿主とし、子実体を環状に形成する。この子実体の輪はフェアリーリングと呼ばれており、このリングとその内部の土壌にはシロと呼ばれる菌根や菌糸を含むマツタケ菌のコロニーが形成されている。シロは毎年約 10-15 cm ずつ外側へと菌糸の伸長とともに拡大する。その先端は菌根が最も活発に生育しており、活性菌根帯を形成している。活性菌根帯から採取した土壌は、グラム陰性菌や枯草菌に対して抗菌活性を示すことから、活性菌根帯土壌には抗菌物質が存在することが示唆され、この抗菌物質は <math>\alpha</math>-pinene や <math>\beta</math>-pinene などのモノテルペンと推定されていた。しかしその後の研究により、これらモノテルペンは抗菌物質ではないことが明らかにされている。そこで本論文は、シロに含まれる真の抗菌物質を解明し、シロにおける抗菌物質、マツタケ菌体ならびに土壌微生物の分布、さらには土壌微生物の抗菌物質に対する感受性などを分析することによって、それらの相関関係を調べ、抗菌物質のマツタケシロにおける化学生態学的役割を明らかにすることを目的としている。</p> <p>第 1 章ではマツタケと日本人との関係ならびにマツタケ菌の生態および生理活性物質などについて概説し、本研究の目的について述べている。</p> <p>第 2 章では活性菌根帯土壌に含まれる抗菌物質としてシュウ酸アルミニウム錯体を同定し、その化学的性質および抗菌作用について論じている。同錯体が抗菌活性を有することは本研究によって初めて明らかになった。アルミニウムは 6 配位の 8 面体構造をとることが可能であることから、同錯体にはシュウ酸 1、2 および 3 配位体が存在する。配位数と抗菌活性の相関を調べたところ、各配位体の抗菌活性はシュウ酸配位数の増加に伴い低下した。このことから、抗菌活性にはアルミニウムの空配座が必要であることが示唆された。また同錯体の抗菌活性は、培地の pH が上がることによっても低下した。この原因は、培地の pH が高いほど抗菌活性をほとんど有さないシュウ酸 3 配位体の比率が高くなるためと考察されている。同錯体は、<i>Bacillus</i> 属をはじめとする多くの細菌や酵母に対しても抗菌活性を示したが、一方で、マツタケ菌に対しては菌糸の成長促進効果を示した。このことから、シュウ酸アルミニウムは土壌中で競合菌の生育を抑制するだけでなく、マツタケ菌の成長にとっても重要な機能を有していると推定される。</p>			

第 3 章では、子実体発生時期のシロから土壌を採取し、マツタケ菌体量、シュウ酸アルミニウム錯体濃度、抗菌活性、シュウ酸およびリン酸濃度、微生物密度と pH を分析した結果に基づき、それらの分布と相関関係がまとめられている。同錯体は活性菌根帯にのみ検出されただけでなく、その濃度は各土壌抽出物の抗菌活性の強さと相関していたことから、抗菌活性は同錯体によるものであることが明らかとなった。活性菌根帯のシュウ酸およびリン酸濃度も周辺土壌より高く、同錯体の分布はマツタケ菌体量、シュウ酸およびリン酸濃度とそれぞれ正の相関を示し、一方で、pH、微生物密度とは負の相関を示した。これらの結果から、アカマツとマツタケは、菌根からシュウ酸を分泌して不溶性リン酸アルミニウムから可溶性リン酸を遊離させるとともに、シュウ酸アルミニウムの抗菌作用により土壌中の微生物環境を整えることにより、能動的にシロを拡大していると考えられる。

第 4 章では、第 3 章で認められた各因子間の相関が、年間を通じて認められることを明らかにしている。さらに 10 月採取の土壌におけるバクテリア密度とその種類、およびそれらのシュウ酸アルミニウム錯体に対する感受性が調べられている。その結果、バクテリア密度および種数は活性菌根帯、シロ内側、シロ外側の順に増加した。単離したバクテリアの同錯体に対する感受性を調べたところ、感受性菌の存在比率はシロ外側が高く、活性菌根帯から分離されたバクテリアは全て耐性を示した。このことは、マツタケ菌はシュウ酸アルミニウム錯体の抗菌作用を利用して土壌中の微生物環境を制御することにより、シロを維持、拡大していることを強く示唆している。

以上のように、本論文は、マツタケの活性菌根帯に存在する抗菌物質がシュウ酸アルミニウム錯体であることを初めて明らかにしたものである。また、同抗菌物質の分布と季節変化を調べることにより、シュウ酸分泌はこれまでに知られていた、1) 土壌中リン酸アルミニウムからのリン酸の可溶化と 2) 酸性土壌における可溶性アルミニウムの解毒作用に加え、今回明らかになった 3) 抗菌物質・シュウ酸アルミニウム生成の「一石三鳥」効果を有することを提唱している。以上より本論文は、シュウ酸アルミニウムはシロの発達と維持に重要な役割を果たしていると結論している。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は 1 頁を 38 字×36 行で作成し、合わせて、3,000 字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 words で作成し  
審査結果の要旨は日本語 500～2,000 字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

マツタケは日本人にとってなじみ深いきのこのひとつである。しかし、その生態については未知な部分が多く、マツタケシロの活性菌根帯土壤に存在する抗菌物質もそのひとつである。本論文では、その存在が報告されてから 50 年間不明であった抗菌物質を同定し、さらにマツタケシロにおけるシュウ酸分泌の生態学的役割を明らかにした。評価できる点は以下の通りである。

1. 活性菌根帯に存在する抗菌物質を、シュウ酸アルミニウム錯体と同定した。同錯体が抗菌活性を有することは本論文によって初めて明らかになった。

2. シュウ酸アルミニウム錯体の抗菌活性はカビよりも、バクテリアや酵母に対して強く発現すること、また、バクテリアに対する抗菌スペクトルは幅広いものであることを明らかにした。その抗菌活性発現メカニズムにはアルミニウムの空配座が関与している可能性を示した。また、同錯体の抗菌活性が pH の上昇に伴って低下する原因を明らかにした。

3. シロ土壤中のマツタケ菌体量、シュウ酸アルミニウム錯体濃度、抗菌活性等の分布とそれらの相関を調べた結果に基づき、シュウ酸分泌の生態学的役割を提唱した。すなわち、マツタケ菌およびアカマツは、シュウ酸分泌により生成した可溶性リン酸を利用することにより貧栄養土壤でも生育が可能であること、同時に生成したシュウ酸アルミニウム錯体は周辺の土壤微生物を殺菌することによってマツタケ菌が生育できる環境を整え、シロの維持と拡大に重要な役割を担っていることが強く示唆された。これらに、酸性土壤における可溶性アルミニウムの解毒作用を加え、シュウ酸分泌は「一石三鳥」効果を有することを提唱した。これらのことはマツタケとアカマツの共生関係を知り、マツタケを生産する上で、きわめて有用な知見である。

以上のように、本論文はこれまで不明であった活性菌根帯に存在する抗菌物質を、シュウ酸アルミニウム錯体と同定するとともに、マツタケシロの維持と拡大における同錯体の生態学的役割を明らかにしたものであり、天然物化学、化学生態学および土壤微生物学に寄与するところが多い。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成 29 年 5 月 11 日、論文ならびにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第 14 条第 2 項に該当するものと判断し、公表に関しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降 (学位授与日から3ヶ月以内)